

NGHIÊN CỨU QUY TRÌNH TÁI SINH THÉP KHÔNG GỈ ĐỂ ĐÚC CÁC CHI TIẾT CHẤT LƯỢNG CAO

Đặng Mậu Chiến

Khoa Công Nghệ Vật Liệu, Trường Đại Học Bách Khoa – ĐHQG-HCM

TÓM TẮT: Đề tài đã nghiên cứu thành công quy trình thu hồi và nấu luyện tái sinh phế liệu thép không gỉ SUS 304, được thải ra từ công nghiệp chế tạo bồn chứa và các thiết bị mòn hỏng của ngành hóa chất, thực phẩm. Kết quả nấu luyện đạt mác thép không gỉ austenit tương đương với 10Cr18Ni9.

Để nâng cao tính thực tiễn và giá trị kinh tế, đề tài đã khép kín quy trình bằng việc xây dựng công nghệ đúc các chi tiết thép không gỉ có độ chính xác cao theo phương pháp khuôn vỏ cứng.

Việc ứng dụng kết quả nghiên cứu vào sản xuất đã đạt hiệu quả kinh tế cao và đồng thời giải quyết tốt nhất vấn đề môi trường vì các loại rỏ thép phế liệu có kích thước nhỏ không thể dùng lại cho bất cứ việc gì ngoài việc nấu luyện tái sinh.

1. GIỚI THIỆU

1.1 Tình hình sử dụng thép không gỉ, phế liệu thép không gỉ và nhu cầu tái sinh

Hiện nay qua khảo sát thực tế tình hình sử dụng thép không gỉ trong nước có thể phân loại theo lãnh vực sử dụng như sau:

- Ngành công nghiệp hóa học: sử dụng làm các bình đựng dung dịch axit, bazơ, các ống dẫn, dụng cụ làm thí nghiệm ...
- Ngành công nghệ thực phẩm và gia dụng : sử dụng cho các đồ chứa thực phẩm (bồn chứa nước, song, chảo, và các đồ dùng hàng ngày khác ...).
- Ngành y học: sử dụng làm các bình đựng, các dụng cụ (dao mổ, kéo, kim ...).
- Ngoài ra thép không gỉ còn được sử dụng trong một số ngành công nghiệp khác như : xây dựng, trang trí nội thất, giao thông vận tải, quân sự ...

Nguồn phế liệu thép không gỉ rất phong phú và đa dạng, thường có xuất xứ từ các nguồn :

- Phế liệu được thải ra trong quá trình sử dụng, bao gồm các chi tiết, phụ tùng, thiết bị đã bị mòn hỏng.

- Phế liệu xuất hiện trong quá trình sản xuất, chế biến gia công kim loại, chủ yếu từ sản xuất đúc, cán, rèn, dập, gia công cơ khí.

Theo đánh giá sơ bộ, mỗi năm phế liệu thép không gỉ tại TP. HCM khoảng 200-400 tấn, trong đó chủ yếu là phế liệu thuộc họ SUS 304 từ quy trình chế tạo các loại bồn chứa. Nhu cầu chế tạo chi tiết, phụ tùng, thiết bị bằng thép đúc không gỉ ở TP. HCM và các tỉnh phía Nam trong các ngành chế tạo máy, năng lượng, hóa chất, thực phẩm, dân dụng tuy không cao về số lượng ($\approx 300 - 400$ tấn/năm) nhưng giá trị lại rất cao ($\approx 750.000 - 1.000.000$ USD/năm).

1.2 Tình hình nghiên cứu và mục đích đề tài

Ở các nước phát triển công nghệ nấu luyện, đúc các chi tiết bằng thép không gỉ đã được hoàn thiện. Tuy nhiên, việc nhập công nghệ và mua vật liệu làm khuôn từ nước ngoài sẽ làm cho giá thành sản phẩm cao và các doanh nghiệp không thể chủ động trong sản xuất.

Ở nước ta đã có các nghiên cứu riêng biệt về chế tạo thép không gỉ, nhưng chưa có một đề tài nào giải quyết một cách đồng bộ, từ khâu nấu luyện đến chế tạo khuôn đúc để đúc các chi tiết cụ thể. Nhìn chung, đa số các đề tài tập trung ở khâu nấu luyện hợp kim. Vì thế, việc tái sinh phế liệu thép không gỉ để đúc các chi tiết có chất lượng cao là một yêu cầu bức thiết không chỉ đáp ứng nhu cầu của xã hội mà còn giải quyết vấn đề môi trường.

2. PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM

Phương pháp nghiên cứu được thực hiện theo các bước thí nghiệm như sau :

2.1 Thu hồi và phân loại phế liệu thép không gỉ

a. Thu hồi phế liệu

- Phế liệu mua về phải được phân loại theo mác. Phế liệu được sử dụng là các mác : SUS 304, SUS 304L, SUS 304N1, SUS 304N2, SUS 304LN ... là những mác thép phổ biến nhất được dùng ở Việt Nam.
- Hồ liệu thép không gỉ dạng đúc gồm : hệ thống rót, đậu ngót, chi tiết đúc phế phẩm.

b. Phân loại phế liệu

- Phế liệu được phân loại theo chiều dày và kích cỡ. Những liệu dạng phoi vụn và quá mỏng ($< 0,6$ mm) được ép thành bánh có kích thước không quá $400 \times 200 \times 70$ mm. Những phế liệu có chiều dày trên $0,6$ mm được xử lý (dập, cắt, uốn, gấp ...) để có kích thước không quá 300×100 mm. Hồ liệu được xử lý (cắt) để kích thước không quá $300 \times 100 \times 50$ mm.

c. Xử lý phế liệu

- Phế liệu được tẩy sạch dầu mỡ và các chất bám hữu cơ theo một trong hai cách. Cách tẩy thứ nhất là ngâm liệu trong dung dịch trên cơ sở nước chứa 10% xút + 3% soda, thời gian tẩy là 20 phút đến 1 giờ phụ thuộc mức độ nhiễm dầu mỡ của liệu. Sau khi tẩy dầu mỡ đem rửa liệu qua bể nước và sấy khô. Cách tẩy dầu mỡ thứ hai là đốt liệu ở nhiệt độ trên 400°C bằng các lò chuyên dùng hay tận dụng các nguồn nhiệt thừa.
- Hồ liệu phải được làm sạch đất đá bẩn, phần cháy dính cát. Việc làm sạch có thể được tiến hành bằng phương pháp thủ công, hoặc trong các thùng quay chuyên dùng.

2.2 Nấu luyện tái sinh thép không gỉ SUS 304

Nấu luyện tái sinh thép không gỉ họ SUS 304 được thực hiện trong lò điện cảm ứng bazơ 500 kg/m³, tần số 1000 Hz [1]. Việc chuẩn bị nồi lò, phối liệu, nấu luyện tái sinh, cũng như sử dụng các loại trợ dung phù hợp được thực hiện theo qui trình chuẩn đã nghiên cứu [1].

2.3 Đúc thử nghiệm các chi tiết

Tiếp theo sau công đoạn phối liệu, nấu luyện tái sinh mác thép SUS 304, nhóm tác giả đã chọn lựa các thành phần hỗn hợp làm khuôn và chất sơn khuôn phù hợp [1, 5] để chế tạo khuôn và đúc thử nghiệm một số chi tiết trong điều kiện sản xuất.

3. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM và THẢO LUẬN

3.1 Kết quả nấu luyện tái sinh thép không gỉ

3.1.1 Kết quả đánh giá thành phần hóa học

a. Thành phần phối liệu

Nhóm nghiên cứu đã thực hiện nhiều mẻ nấu với các thành phần phối liệu khác nhau, như được trình bày trong bảng dưới đây :

Bảng 1 : Thành phần các mẻ liệu tiêu biểu được nấu luyện tái sinh.

Mẻ liệu, No	Phế liệu thép không gỉ, %		Ferrô và kim loại (tính trên tổng khối lượng phế liệu), %				Chất trợ dung (trên tổng khối lượng phế liệu), %		
	Phế liệu dạng rỗ	Hồi liệu dạng đúc	Ferrô Si	Ferrô Mn	Ferrô Cr	Ni	Al	CaO	CaF ₂
01	50	50	-	-	-	-	1,1	1,5	0,5
02	40	60	0,6	0,4	2,0	0,2	0,8	1,5	0,5
03	40	60	0,6	0,4	0,5	0,4	0,5	2,2	1,0

b. Kết quả phân tích các thành phần hóa học

Các mẻ nấu có thành phần phối liệu nêu trên đều được lấy mẫu để phân tích thành phần hóa học bằng phương pháp định lượng, kết quả được trình bày tóm tắt trong bảng dưới đây :

Bảng 2 : Kết quả phân tích thành phần hóa học các mẻ nấu thực nghiệm.

Mẻ nấu, N ^o	Thành phần hóa học, %				
	C	Si	Mn	Cr	Ni
01	< 0,1	0,7	1,8	18,73	8,32
02	< 0,1	0,8	2,0	19,55	8,85
03	< 0,1	0,8	2,0	18,80	9,10

c. Nhận xét kết quả

Xét theo hàm lượng của các nguyên tố chủ yếu, các mẻ nấu N^o 1, 2, 3 đều thỏa mãn yêu cầu của các mác thép theo tiêu chuẩn (xem Bảng 3), ngay cả trong trường hợp không cho thêm ferrôcrôm và nikel (mẫu N^o 1). Điều này có thể là do nhờ vào việc lựa chọn và phân loại phế liệu được thực hiện tốt. Khi phối liệu thêm ferrôcrôm và Ni vào mẻ nấu cũng đã làm tăng hàm lượng của Cr và Ni một cách rõ nét (mẫu N^o 2, 3).

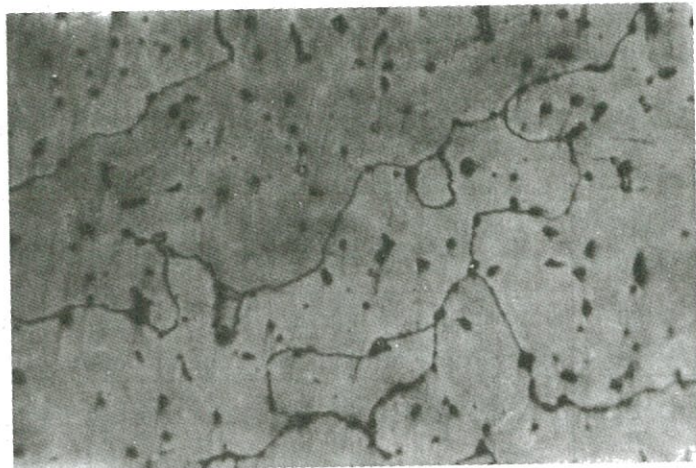
Bảng 3: Thành phần hóa học các mác thép SUS 304 (dạng tấm, lá, dây, thanh) và SCS 13A (dạng chi tiết đúc) theo tiêu chuẩn JIS (Nhật Bản).

Tên mác	Tiêu chuẩn	Thành phần hóa học, %						
		C	Si	Mn	Cr	Ni	P	S
SUS 304	JIS G4303-91	≤ 0,08	≤ 1	≤ 2	18 ÷ 20	8 ÷ 10,5	≤ 0,045	≤ 0,03
SCS 13A	JIS G5121-89	≤ 0,08	≤ 2	≤ 1,5	18 ÷ 21	8 ÷ 11,0	≤ 0,040	≤ 0,04

3.1.2 Kết quả đánh giá tổ chức tế vi và cơ tính

Các mẫu nấu cũng được chọn mẫu cho việc nghiên cứu tổ chức tế vi. Mẫu được chuẩn bị thông qua các công đoạn mài, đánh bóng và tẩm thực theo phương pháp chuẩn. Ảnh chụp tổ chức tế vi mẫu thử N° 2 được thể hiện trên hình 1 :

Hình 1 : Ảnh tổ chức tế vi của mẫu thép không gỉ thể hiện rõ tổ chức đơn pha austenit.

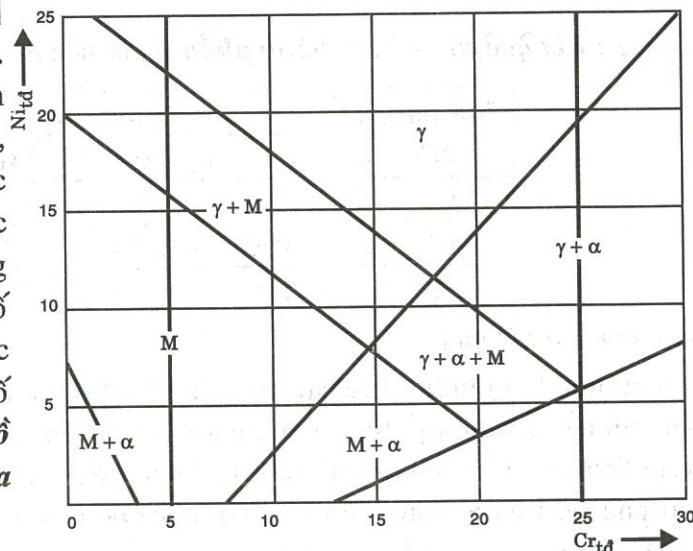


Kết quả nghiên cứu tế vi nhiều mẫu nấu đều khẳng định thép đúc từ phế liệu SUS 304 tái sinh có tổ chức đơn pha là austenit.

Các mẫu thử nêu trên cũng được đánh giá độ cứng và cho kết quả trung bình là 300 HV, một độ cứng khá tốt đối với thép thuộc họ SUS 304.

3.1.3 Xác định tổ chức của thép không gỉ bằng giản đồ SCHAEFFLER

Để xác định tổ chức của thép không gỉ khi biết thành phần hóa học của nó người ta thường dùng giản đồ Pryce-Andrews đối với thép cán hay giản đồ Schaeffler [2] đối với thép đúc (chuyển biến đồng đặc). Trên các giản đồ này (hình 2) trục hoành biểu thị lượng Cr quy đổi (tương đương), tương ứng với tác dụng tổng hợp của các nguyên tố mở rộng vùng α ; còn trục tung biểu thị lượng Ni quy đổi, tương ứng với tác dụng tổng hợp của các nguyên tố mở rộng vùng γ . Giá trị Cr_{td} , Ni_{td} được tính theo thành phần của các nguyên tố trong thép [1].



Hình 2 : Giản đồ Schaeffler: M - vùng tồn tại của mactenxit, α - ferrit, γ - austenit.

Bảng 4 : Kết quả tính toán Cr_{td} , Ni_{td} và xác định tổ chức thép không gỉ bằng giản đồ Schaeffler.

Mẫu nấu, N°	Thành phần hóa học, %					Cr_{td}	Ni_{td}	Tổ chức theo giản đồ
	C	Si	Mn	Cr	Ni			
01	0,1	0,7	1,8	18,73	8,32	19,78	12,22	$\gamma + \alpha$ (rất ít)
02	0,1	0,8	2,0	19,55	8,85	20,75	12,85	$\gamma + \alpha$ (rất ít)
03	0,1	0,8	2,0	18,80	9,10	20,00	13,10	γ

Theo kết quả trên, ta thấy tổ chức austenit (γ) chiếm ưu thế gần như tuyệt đối. Riêng mẫu N°1, 2 có thể có tổ chức ferrit (α) nhưng không đáng kể, có thể vì vậy mà ta không thể nhận thấy tổ chức này trên ảnh tổ chức tế vi, hoặc đơn giản hơn là nó không tồn tại.

3.1.4 Kiểm nghiệm tổ chức của thép không gỉ bằng phương pháp từ tính

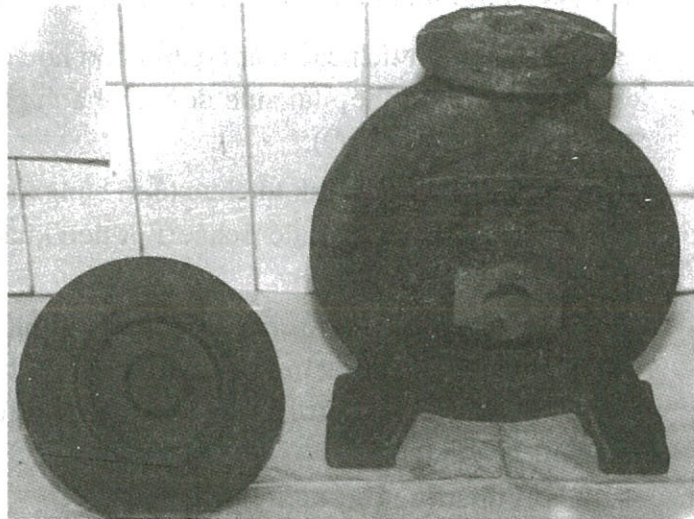
Nhóm nghiên cứu cũng đã dùng nam châm có từ tính mạnh để kiểm tra mẫu thử. Kết quả cho thấy tất cả các mẫu đều không hút, một lần nữa khẳng định thép đúc tái sinh từ phế liệu SUS 304 có cấu trúc austenit.

3.2 Kết quả đúc thử nghiệm các chi tiết thép không gỉ

Chất lượng các chi tiết đúc từ kim loại nói chung và thép không gỉ tái sinh nói riêng không chỉ phụ thuộc vào quá trình nấu luyện mà còn phụ thuộc vào chế độ đúc rót và chất lượng khuôn đúc. Do vậy, nhóm tác giả đã đúc thử nghiệm trên nhiều loại vật liệu làm khuôn.

3.2.1 Sử dụng khuôn dùng hỗn hợp cát áo trên cơ sở crômít

Chi tiết đúc thử là cánh và thân bơm dùng trong ngành thực phẩm, ký hiệu CD1 [1]. Sử dụng khuôn dùng cát áo crômít với chất kết dính là nước thủy tinh cho kết quả rất tốt. Sau khi đúc rất dễ phá khuôn, chỉ cần gõ nhẹ hỗn hợp làm khuôn sẽ bong khỏi vật đúc. Sản phẩm đúc có độ chính xác hình học cao và bề mặt sạch láng (hình 3). Hiện tượng cháy dính hóa được khắc phục là nhờ tính trơ của vật liệu khuôn đối với thép không gỉ lỏng ở nhiệt độ cao.



Hình 3 : Ảnh chụp chi tiết cánh và thân bơm CDI đúc bằng thép không gỉ.

3.2.2 Sử dụng chất sơn khuôn trên cơ sở ziricôn

Trong trường hợp này chi tiết được chọn đúc thử nghiệm là béc phun nước nóng, ký hiệu AKAMA có trọng lượng khoảng 1 kg, được đặt hàng bởi một Công ty Nhật. Do kích thước cũng thuộc loại nhỏ và yêu cầu chất lượng bề mặt cao nên dùng sơn chống cháy dính phun nhẹ trên bề mặt khuôn là rất thích hợp.

Hình 4 : Ảnh chi tiết AKAMA đúc trong khuôn cát nhựa có dùng sơn chống cháy dính trên cơ sở ziricôn, cho bề mặt vật đúc láng sạch.



3.2.3 Sử dụng chất sơn khuôn khô nhanh

Các chất sơn khuôn dùng dung môi là nước có nhược điểm cơ bản là phải sấy khô bằng năng lượng nhiệt dẫn đến mất thời gian và thêm chi phí.

Để giải quyết vấn đề này chúng tôi đã chế tạo chất sơn khuôn khô nhanh với dung môi là cồn [1, 5]. Các chất sơn khuôn này đã được sử dụng để đúc các chi tiết cho công thủy lợi dùng ở môi trường nước mặn.

4. KẾT LUẬN

4.1 Kết quả thực hiện được

Quy trình thu hồi và nấu luyện tái sinh thép không gỉ để đúc các chi tiết chất lượng cao phải qua nhiều công đoạn : *nấu luyện tái sinh, chế tạo khuôn đúc và đúc ra sản phẩm.*

4.1.1 Kết quả nấu luyện tái sinh mác thép

Nhiều mẻ nấu tái sinh với thành phần phối liệu khác nhau đã được thực hiện trong lò điện cảm ứng bazơ. Mỗi mẻ nấu đều được chọn mẫu thử để xác định mác thép, từ kết quả phân tích một số kết luận được rút ra như sau:

a. Kết quả phân tích các thành phần hóa học các nguyên tố chủ yếu như C, Si, Mn, Cr, Ni cho thấy các mẫu thép tái sinh đều có thành phần tương đương với mác thép phế liệu SUS 304 (hay mác thép 18/9).

b. Kết quả phân tích ảnh tổ chức tế vi bằng kính hiển vi cũng như kết quả xác định tổ chức thép không gỉ bằng giản đồ Schaeffler đều khẳng định các mẫu thép nấu luyện tái sinh đều có tổ chức austenit (γ).

c. Hàm lượng các loại ferrô cho thêm khi phối liệu nhằm bù sự cháy hao là tương đối ít (khoảng 0,5%). Nhằm tăng hàm lượng Ni để bảo đảm tổ chức austenit cũng cần cho thêm một ít Ni sạch (0,4%). Với hàm lượng các loại ferrô và Ni cho thêm ít các mẻ nấu tái sinh sẽ có giá thành thấp.

4.1.2 Kết quả đúc thử nghiệm các chi tiết

Nhờ chọn vật liệu và công nghệ thích hợp cho việc chế tạo khuôn đúc nên các chi tiết đúc thử nghiệm đều đạt chất lượng bề mặt và độ chính xác cao, rất ít phế phẩm (xem hình chụp ở phần kết quả thực nghiệm).

4.2 Triển khai ứng dụng & Hiệu quả kinh tế - xã hội

Trong quá trình nghiên cứu nhóm tác giả đã khảo sát những lãnh vực có khả năng sử dụng một lượng lớn thép không gỉ dưới dạng các chi tiết đúc. Một trong những địa chỉ đó là ngành công trình thủy lợi, chuyên chế tạo các công thủy lợi làm việc trong môi trường nước mặn.

Nhằm chống ăn mòn các kết cấu thép tiếp xúc với nước mặn, trước đây người ta thường dùng lớp sơn phủ nhưng không đạt hiệu quả. Gần đây có khuynh hướng là dùng vật liệu composite thay thế nhưng chỉ đối với các chi tiết phụ, các phần bao phủ còn các chi tiết chủ yếu như trụ và cốt vẫn phải làm bằng thép.

Giải pháp hiện thời là sử dụng thép không gỉ để chế tạo các chi tiết này theo phương pháp kết cấu rèn hàn, thông thường phải trải qua nhiều công đoạn như cắt, rèn, hàn, gia công cơ khí ... Giải pháp tình thế này rất tốn kém do hao hụt nhiều nguyên liệu cũng như chi phí cao do phải qua nhiều công đoạn. Do vậy, phương pháp đúc tỏ ra là giải pháp tối ưu.

Hiệu quả kinh tế có thể đánh giá thông qua ví dụ so sánh giữa hai phương pháp trong trường hợp chế tạo một chi tiết có hình dạng tương đối đơn giản và trọng lượng khoảng 1 kg.

Bảng 5 : So sánh chi phí chế tạo và ưu nhược điểm giữa hai phương pháp rèn hàn và đúc.

Phương pháp chế tạo	Vật liệu cần để tạo 1 kg phôi, kg	Chi phí vật liệu, đồng		Chi phí tạo phôi, đồng		Tổng chi phí cho 1 kg phôi	Khả năng chống ăn mòn trong môi trường	Thẩm mỹ công nghiệp
		Đơn giá /kg	Giá vật liệu phôi	Đơn giá/kg	Giá gia công phôi			
Rèn - Hàn	1,7	28.000	47.600	5.000	8.500	56.100	Dễ bị ăn mòn ở các mối hàn	Tùy theo chi tiết
Đúc	1,2	7.000	8.400	18.000	21.600	30.000	Tốt	Đẹp

Như vậy, chi tiết đúc thép không gỉ chế tạo từ nấu luyện tái sinh phế liệu có chi phí bằng khoảng 50% so với chi tiết kết cấu hàn cùng loại. Đó là lợi ích về mặt kinh tế, về mặt xã hội việc thu hồi và tái sinh phế liệu thép không gỉ góp phần xây dựng môi trường sống sạch đẹp.

STUDY ON RECOVERING PROCESS OF STAINLESS STEEL SCRAPs FOR CASTING HIGH QUALITY DETAILS

Dang Mau Chien

University of Technology – Vietnam National University HoChiMinh City

ABSTRACT: Melting and recovering process of SUS 304 stainless steel scraps obtained from reservoir manufacturing and worn equipment of foodstuff and chemical industries has been successfully studied. The result of this process is that austenite stainless steel equivalent to grade 10Cr18Ni9 is obtained.

In order to increase practicality and economic effect, the refining and melting process has been completed with casting high quality details in stainless steel in shell mold.

Applying studied results in production has reached high economic effect and solved well environmental problem because stainless steel scraps of small size are used nothing apart from melting for recycling.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] ĐẶNG MẬU CHIẾN. *Nghiên cứu tái sinh thép không gỉ để đúc các chi tiết chất lượng cao.* Báo cáo hoàn thành đề tài NCKH cấp Thành Phố, Đại học Bách khoa TP. HCM, 2000.

- [2] J. BARRALIS, G. MAEDER. *Alliages Ferreux*. Editions Communications Actives, Paris, 1983.
- [3] C. P. DOROSHENKO, V. N. DROBIAZKO. *Chế tạo vật đúc không bị cháy dính cát trên khuôn cát*. Moscow 1982.
- [4] PHAN TỬ PHÙNG. *Sách tra cứu kỹ thuật đúc thép*. Nhà xuất bản Khoa học - Kỹ thuật, Hội Đức - Luyện kim Việt Nam, Hà Nội, 1991.
- [5] ĐẶNG MẬU CHIẾN. *Nghiên cứu chế tạo và sử dụng hỗn hợp làm ruột và khuôn đúc dùng nguyên liệu trong nước*. Báo cáo đề tài NCKH số hiệu BK-T85-CK8, Đại học Bách khoa TP. HCM, 1986.